



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

10/508928

REC'D 15 MAY 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02425177.9

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE,
LA HAYE, LE

25/04/03

BEST AVAILABLE COPY



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

**Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:
Application no.:
Demande n°: **02425177.9**

Anmeldetag:
Date of filing: **21/03/02**
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Telecom Italia Lab S.p.A.
10148 Torino
ITALY
STMicroelectronics S.r.l.
20041 Agrate Brianza (Milano)

ITALY
Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
Interpolation for use in channel estimation

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:
H04L25/02

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing:
Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

See for the original title of the application, page 1 of the description.

TITOLO

Metodo e dispositivo per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione

DESCRIZIONE

5 La presente invenzione si riferisce ai sistemi di telecomunicazioni e in particolare riguarda un metodo e un dispositivo per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione.

 Come è noto, nei sistemi di telecomunicazioni radiomobili una delle tecniche più utilizzate è la tecnica di accesso W-CDMA (Wideband - Code Division Multiple
10 Access) in virtù della sua elevata efficienza spettrale nei confronti di altre tecniche di accesso multiplo. Nell'ambito di questa tecnica, e in particolare nella modalità FDD (Frequency Division Duplexing), sono state adottate diverse soluzioni in grado di aumentare la capacità del sistema, fra cui è da citare la rivelazione coerente del segnale ricevuto dalla stazione radio base o dal terminale mobile.

15 Questo tipo di rivelazione richiede un'accuratissima stima della funzione di trasferimento del canale di trasmissione, denominata nel seguito "stima del canale", in presenza di sfavescenze e riflessioni multiple, dovute al movimento dell'utente nell'area di copertura, senza peraltro avere informazioni della sua velocità di spostamento.

20 La stima del canale, come altre funzioni del sistema, possono essere assegnate ad elaboratori (per esempio DSP, microcontrollori, ecc.), nel qual caso esse vengono realizzate in modalità software, oppure possono essere assegnate a dispositivi dedicati (per esempio FPGA, ASIC, ecc.), e quindi la modalità è prevalentemente hardware. Compito del progettista, nel corso della definizione dell'architettura del sistema di
25 telecomunicazioni, è la ripartizione ottimale dei compiti fra i dispositivi programmati e i dispositivi cablati.

 Le diverse architetture realizzabili devono essere analizzate sotto l'aspetto del carico computazionale dell'eventuale elaboratore DSP, del volume di traffico sul bus dedicato al trasferimento dei dati, della ripartizione ottimale tra le risorse hardware e
30 software.

Considerando per esempio un sistema complesso come un modem per stazione base o per terminale mobile UMTS, ne risulta che il bus di comunicazione tra il DSP e le risorse hardware rappresenta il collo di bottiglia del sistema. Ad esempio, nel caso di stazione radio base, il carico del bus si fa sempre più grande con l'aumento del numero degli utenti e con la presenza di funzionalità che richiedano il trasferimento di notevoli quantità di dati tra DSP e risorse hardware.

La stima del canale è una di queste funzionalità, in quanto essa deve essere ripetuta per ognuno dei finger (sottocanali) di ciascun utente.

Consideriamo il caso peggiore in cui stia comunicando in una cella il numero massimo di utenti $N_u = 128$ e ciascun utente abbia un numero di finger $N_f = 8$ per ciascun Rake receiver (ricevitore a rastrello, tipico ad esempio delle stazioni base UMTS). La quantità di dati da trasferire per ciascun finger in un time slot (intervallo temporale), di durata $T_s = 666 \text{ us}$, può essere stimata pari a un numero di bit $N_b = 400$. Da ciò deriva un notevole flusso di dati sul bus, pari a:

$$N_b \cdot N_f \cdot N_u / T_s = 400 \cdot 8 \cdot 128 / 666 \cdot 10^{-6} = 615 \text{ Mbit/s}$$

Al giorno d'oggi, sono conosciuti diversi algoritmi, in grado di effettuare la stima del canale, fra questi, vi sono ad esempio quelli descritti nel documento EP 0 912 019, in cui si utilizzano due differenti metodi di interpolazione, lineare e mediante filtri di Kalman, quello descritto nel documento EP 1 032 168, in cui l'interpolazione viene fatta con il metodo dei polinomi di Lagrange, e quello descritto nel documento US 5,886,911 in cui viene utilizzato il metodo di bisezione.

Le soluzioni descritte nei suddetti documenti presentano però alcuni inconvenienti: o non sono applicabili direttamente in sistemi UMTS, come il metodo di bisezione, o sono eccessivamente complessi per una realizzazione di tipo hardware.

Considerato infatti il notevole flusso di dati già presente sul bus di una stazione base, sarebbe preferibile non sovraccaricare ulteriormente tale bus, cosa che accadrebbe effettuando complesse operazioni di interpolazione nell'ambito della stima del canale, quali ad esempio le operazioni necessarie per effettuare un'interpolazione con il metodo dei polinomi di Lagrange.

Il dispositivo può essere realizzato completamente in hardware, e quindi facilmente integrato in un Rake receiver per stazione base, mantenendo le stesse

prestazioni delle soluzioni software che si basano su processori DSP. Non essendo richiesto alcun trasferimento di dati con il processore DSP, il bus di comunicazione viene quindi lasciato libero per altri compiti.

5 Sono particolare oggetto della presente invenzione un metodo e un dispositivo per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione, come descritto nelle unite rivendicazioni.

Il metodo e il dispositivo, oggetto della presente invenzione, fanno uso di un algoritmo di bassa complessità per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione, adatto sia per la tratta di trasmissione verso una stazione base, tratta
10 denominata "up-link", sia per la tratta di trasmissione verso un terminale mobile, tratta denominata "down-link".

Queste ed altre caratteristiche della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione di una forma preferita di realizzazione della stessa, data a titolo di esempio non limitativo, e dai disegni annessi in cui:

15 la figura 1 è una rappresentazione schematica dei simboli di un canale dati DPDCH e di un canale di controllo DPCCH, nel caso di una tratta di trasmissione verso una stazione radio base;

la figura 2 è un grafico che illustra una pluralità di coefficienti di canale ottenuti per interpolazione lineare fra due coefficienti di canale noti;

20 la figura 3 è un diagramma di flusso che illustra un primo algoritmo di interpolazione realizzato secondo la presente invenzione;

la figura 4 è una rappresentazione schematica che illustra una sequenza di operazioni per il calcolo di coefficienti di canale mediante l'algoritmo di figura 3, nel caso $N_{\text{PILOT}} = 3$;

25 la figura 5 è una rappresentazione schematica che illustra una sequenza di operazioni per il calcolo di coefficienti di canale mediante l'algoritmo di figura 3, nel caso $N_{\text{PILOT}} = 4$;

la figura 6 è una rappresentazione schematica che illustra una sequenza di operazioni per il calcolo di coefficienti di canale mediante l'algoritmo di figura 3, nel
30 caso $N_{\text{PILOT}} = 5$;

la figura 7 è una rappresentazione schematica che illustra una sequenza di operazioni per il calcolo di coefficienti di canale mediante l'algoritmo di figura 3, nel caso $N_{PILOT} = 6$;

5 la figura 8 è una rappresentazione schematica che illustra una sequenza di operazioni per il calcolo di coefficienti di canale mediante l'algoritmo di figura 3, nel caso $N_{PILOT} = 7$;

la figura 9 è una rappresentazione schematica che illustra una sequenza di operazioni per il calcolo di coefficienti di canale mediante l'algoritmo di figura 3, nel caso $N_{PILOT} = 8$;

10 la figura 10 è un diagramma a stati che riassume le operazioni necessarie per il calcolo dei coefficienti di canale nei casi illustrati nelle figure da 4 a 9;

la figura 11 è una rappresentazione schematica che illustra una sequenza di operazioni per il calcolo di coefficienti di canale mediante un secondo algoritmo realizzato in accordo con la presente invenzione, nel caso $N_{PILOT} = 6$; e

15 la figura 12 è uno schema a blocchi di un circuito che implementa un algoritmo di interpolazione realizzato in accordo con la presente invenzione.

Il metodo ed il dispositivo secondo la presente invenzione verranno ora descritti in dettaglio facendo riferimento in particolare al sistema di telecomunicazioni radiomobili UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), relativamente all'20 attratta up-link nella modalità FDD.

La rivelazione coerente per l'interfaccia radio dei sistemi UMTS può essere effettuata utilizzando i simboli pilota che sono multiplati nel tempo nel canale di controllo DPCCCH (Dedicated Physical Control Channel).

25 In figura 1 è illustrata schematicamente la relazione temporale fra i simboli del canale dati DPDCH (Dedicated Physical Data Channel) ed i simboli del canale di controllo DPCCCH in un intervallo temporale detto "time slot". Nel caso illustrato in figura sono presenti, all'inizio dello slot, tre simboli pilota $X_Q(0)$, $X_Q(1)$ e $X_Q(2)$, seguiti da altri simboli utilizzati per il controllo, in particolare quattro simboli TFCI (Transport - Format Combination Indicator), due simboli FBI (Feedback Information) 30 ed un simbolo TPC (Transmit Power Control).

I simboli pilota $X_Q(k)$, con $k=0,1,2,\dots, N_{\text{PILOT}}-1$ (dove N_{PILOT} è il numero di simboli pilota nello slot) sono noti anche al ricevitore che utilizza tale informazione unitamente ai simboli ricevuti $Z(k)$ al fine di valutare l'effetto del canale su ciascun pilota $X_Q(k)$.

5 Eseguendo il prodotto complesso del simbolo ricevuto $Z(k)$ per il corrispondente simbolo pilota $X_Q(k)$ si ottengono i coefficienti di canale; in particolare, le componenti in fase ed in quadratura del prodotto corrispondono alle componenti C_Q e C_I dei coefficienti di canale $C(k)=C_I(k)+jC_Q(k)$.

10 Risulta pertanto evidente che è possibile stimare i coefficienti di canale solamente in corrispondenza dei simboli pilota trasmessi sul canale DPCCH. Tuttavia, poiché i simboli pilota non vengono trasmessi in continuazione ma solamente in corrispondenza della parte iniziale di un time slot, per effettuare la stima del canale è necessario calcolare, mediante una qualche forma di interpolazione, i coefficienti di canale corrispondenti ai simboli pilota mancanti.

15 Il numero di simboli pilota all'interno di un singolo slot può variare da un minimo di tre a un massimo di otto, pertanto il numero di coefficienti di canale che dovranno essere stimati mediante interpolazione sarà variabile fra sette e due, essendo dieci il numero totale di simboli presenti in uno slot di un canale di controllo DPCCH.

20 In figura 2 è illustrato ad esempio il caso in cui sette coefficienti di canale (in figura sono rappresentate solamente le componenti in fase) indicati complessivamente con il riferimento 2, sono stati calcolati mediante interpolazione fra l'ultimo coefficiente $C_I(N_{\text{PILOT}}-1)$ dello slot corrente, corrispondente ad un valore di ascissa A, ed un primo coefficiente dello slot successivo, indicato in figura come $C_I(10)$ e corrispondente ad un valore di ascissa B. I simboli pilota, e pertanto anche i coefficienti di canale,
25 corrispondono sempre, per convenzione, a valori di ascissa interi (0, 1, 2, 3, ...) su un asse orizzontale temporale (Time).

Il metodo ed il dispositivo di interpolazione realizzato secondo la presente invenzione consentono di calcolare le componenti $C_I(k)$ e $C_Q(k)$ dei coefficienti di canale senza fare uso di operazioni complesse quali moltiplicazioni e divisioni, ma
30 solamente utilizzando somme e divisioni per due (quest'ultime facilmente implementabili in hardware mediante un'operazione di shift a destra di un registro),

consentendo di ridurre notevolmente la complessità dell'architettura hardware dell'unità di interpolazione.

Verrà ora descritto in dettaglio il metodo di interpolazione secondo la presente invenzione, con particolare riferimento al diagramma di flusso illustrato in figura 3.

5 L'algoritmo illustrato in figura 3 consente di calcolare per interpolazione una pluralità di punti compresi fra un ultimo coefficiente di canale, di ascissa A, di uno slot corrente L, ed un primo coefficiente di canale, di ascissa B, di uno slot successivo L+1 a detto slot corrente. Essendo pari a tre il numero minimo di coefficienti di canale presenti in ciascuno slot, il coefficiente, di ascissa A-1, immediatamente precedente all'ultimo
10 coefficiente di canale di ciascuno slot è sempre noto, e può quindi essere utilizzato per il calcolo di interpolazione.

All'interno dell'algoritmo di figura 3 vengono utilizzate alcune variabili, X, Y, Z, W che hanno il seguente significato:

X: ascissa del punto noto sinistro dell'intervallo di interpolazione, valore
15 inizialmente corrispondente ad A;

Y: ascissa del punto noto destro utilizzato per l'interpolazione, valore inizialmente corrispondente a B;

Z: ascissa di un punto intermedio fra X e Y;

W: ascissa del punto estremo sinistro, utilizzato effettivamente per
20 l'interpolazione, corrispondente di volta in volta al punto X o al punto X-1;

$f(k)$: ordinata corrispondente ad una generica ascissa k.

Le variabili X e Y vengono inizializzate ponendole uguali agli estremi A e B, nel blocco iniziale indicato dal riferimento 32 in figura 3.

Successivamente, nel blocco 36 in figura, si procede calcolando l'ascissa Z,
25 intesa ovviamente come numero intero, del punto intermedio fra X e Y. Il valore dell'ascissa Z viene arrotondato all'intero inferiore, mediante la funzione FLOOR (indicata simbolicamente in figura). Nello stesso blocco si procede calcolando l'ascissa del punto estremo sinistro W, che risulta essere uguale a X o a X-1 a seconda che il valore di X+Y sia rispettivamente pari o dispari (applicando la formula $W=2 \bullet Z-Y$). Si

calcola poi l'ordinata $f(Z)$ del punto intermedio Z facendo la media aritmetica fra l'ordinata del punto estremo sinistro W e l'ordinata dell'estremo destro Y , che sono note.

Si procede poi verificando, sempre all'interno del blocco 36, se il punto appena calcolato, di ascissa Z , corrisponde al punto di ascissa $X+1$. Se tale condizione non è verificata si assegna il valore di Z all'ascissa Y del punto noto destro, e si applicano nuovamente le operazioni contenute nel blocco 36. In pratica l'algoritmo del blocco 36 viene applicato ricorsivamente sul semi-intervallo alla sinistra del punto precedentemente calcolato fino a quando non viene raggiunto il punto di ascissa $X+1$.

Successivamente, vedi le operazioni indicate complessivamente con il riferimento 38, si procede per ascisse crescenti, partendo dall'ultimo punto calcolato $X+1$, cercando un primo punto ancora da calcolare. Una volta trovato tale punto, si procede eseguendo le operazioni contenute nel blocco 40, oppure si termina l'algoritmo se si è già raggiunto l'estremo destro B dell'intervallo di interpolazione, poiché tutti i punti sono già stati calcolati.

Se invece è stato trovato un punto ancora da calcolare, la cui ascissa è pari al valore assunto dalla variabile Z , si procede integrando alla variabile X il valore $Z-1$, che rappresenta il primo punto noto a sinistra. Si cerca, per successivi tentativi, il primo punto noto a destra di Z , valore che viene assegnato alla variabile Y . Per fare quest'ultima operazione la variabile Y viene incrementata di un'unità per volta, fino a quando non si raggiunge un corrispondente coefficiente noto. Tali operazioni sono svolte all'interno del blocco 40.

Con i nuovi valori di X e Y si applica nuovamente l'algoritmo ricorsivo del blocco 36, ed in cascata la procedura, contenuta nel blocco 38, di ricerca di un nuovo punto ancora da calcolare. Se tutti i punti sono stati calcolati, l'algoritmo termina, altrimenti si determina un nuovo intervallo $X-Y$ a cui applicare nuovamente l'algoritmo ricorsivo 36.

L'algoritmo precedentemente descritto, illustrato in figura 3, consente di calcolare, effettuando esclusivamente somme, divisioni per due ed operazioni di confronto fra registri, un qualsiasi numero di coefficienti di canale contenuti in un intervallo delimitato a sinistra da due coefficienti noti (di ascissa A e $A-1$) e a destra da un coefficiente noto (di ascissa B).

Per meglio comprendere l'algoritmo di interpolazione generale precedentemente descritto, esaminiamo ora la sua applicazione a sei casi particolari, tipici del sistema UMTS, dal caso in cui i simboli pilota (N_{PILOT}) sono tre, ed i coefficienti da calcolare sono sette, fino al caso in cui i simboli pilota sono otto ed i coefficienti di canale da calcolare sono solamente due.

Il primo caso ($N_{PILOT}=3$) è illustrato schematicamente in figura 4. Sull'ascissa sono indicati i coefficienti di canale corrispondenti ai tre simboli pilota dello slot corrente, rispettivamente alle posizioni di ascissa 0, 1 (A-1) e 2 (A), ed al primo simbolo pilota dello slot successivo, alla posizione di ascissa 10 (B). I coefficienti di canale da calcolare sono pertanto quelli corrispondenti alle posizioni di ascissa da 3 a 9.

L'operazione di interpolazione avviene per passi successivi; il numero di passi dipende direttamente dal numero di coefficienti di canale da calcolare. Nel caso di figura 4 il calcolo viene completato in sette passi (Step 1 - Step 7).

Al primo passo, Step 1, si applica una prima volta l'algoritmo del blocco 36 del diagramma di flusso di figura 3 assegnando alle variabili X e Y rispettivamente i valori di A (che vale 2) e di B (che vale 10):

$$X=A=2$$

$$Y=B=10$$

Pertanto risulta:

$Z=\text{FLOOR} [(2+10)/2]=6$; ascissa del punto intermedio da calcolare (indicato in figura con la lettera C);

$W=2 \cdot 6 - 10 = 2$; ascissa del punto estremo sinistro, in questo caso corrispondente a X.

Una volta note le ascisse del punto estremo sinistro W, del punto estremo destro Y e del punto intermedio Z di cui si vuole calcolare l'ordinata, si procede a calcolare il valore del corrispondente coefficiente $C(6)=C_I(6)+jC_Q(6)$, calcolando le componenti C_I e C_Q con la regola della media aritmetica (punto C nel grafico di figura 4):

$$C_I(6)=[C_I(2)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(6)=[C_Q(2)+C_Q(10)]/2$$

Dopo aver verificato che l'ascissa Z del punto calcolato, in questo caso pari a 6, non corrisponde ancora al punto $X+1=3$, si assegna il valore $Z=6$ alla variabile Y e si calcola un nuovo coefficiente (punto D, step 2):

$$X=2; Y=6$$

5 $Z=\text{FLOOR} [(2+6)/2]=4$

$$W=2 \cdot 4 - 6 = 2$$

$$C_I(4)=[C_I(2)+C_I(6)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(4)=[C_Q(2)+C_Q(6)]/2$$

Anche in questo caso la condizione di uscita dal blocco 36 non è verificata, in quanto $Z=4$ è diverso da $X+1=3$, pertanto si procede calcolando un nuovo coefficiente (punto E, step 3):

10

$$X=2; Y=Z=4$$

$$Z=\text{FLOOR} [(2+4)/2]=3$$

$$W=2 \cdot 3 - 4 = 2$$

$$C_I(3)=[C_I(2)+C_I(4)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(3)=[C_Q(2)+C_Q(4)]/2$$

15 A questo punto si verifica la condizione $Z=X+1$ che consente di passare dal blocco 36 al blocco 38.

Applicando le regole descritte nel blocco 38 trovo che il primo punto ancora da calcolare alla destra del punto di ascissa $Z=3$ è il punto di ascissa 5; verifico che tale punto non corrisponde all'estremo destro $B=10$ e proseguo nel blocco 40 avendo assegnato alla variabile Z il valore 5.

20

Nel blocco 40 determino il primo punto noto a sinistra $X=Z-1=4$ ed il primo punto noto a destra $Y=6$, e con questi valori di X e Y ritorno al blocco 36 dove calcolo un nuovo coefficiente (punto F, step 4):

$$X=4; Y=6$$

25 $Z=\text{FLOOR} [(4+6)/2]=5$

$$W=2 \cdot 5 - 6 = 4$$

$$C_I(5)=[C_I(4)+C_I(6)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(5)=[C_Q(4)+C_Q(6)]/2$$

In questo caso la condizione $Z=X+1$ è subito verificata e si passa nuovamente al blocco 38 in cui si determina che il primo punto sulla destra ancora da calcolare è il

punto di ascissa $Z=7$. Nel blocco 40 determino il primo punto noto a sinistra $X=Z-1=6$ ed il primo punto noto a destra $Y=10$, e con questi valori di X e Y ritorno al blocco 36 dove calcolo un nuovo coefficiente (punto G, step 5):

$$X=6; Y=10$$

$$5 \quad Z=\text{FLOOR} [(6+10)/2]=8$$

$$W=2 \cdot 8 - 10 = 6$$

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2$$

La condizione $Z=X+1$ non è verificata, pertanto resto all'interno del blocco 36 per calcolare un nuovo coefficiente (punto H, step 6):

$$10 \quad X=6; Y=Z=8$$

$$Z=\text{FLOOR} [(6+8)/2]=7$$

$$W=2 \cdot 7 - 8 = 6$$

$$C_I(7)=[C_I(6)+C_I(8)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(7)=[C_Q(6)+C_Q(8)]/2$$

Avendo raggiunto il punto $Z=X+1=7$ passo al blocco 38 in cui verifico se non aver ancora raggiunto l'estremo destro B ed in cui determino l'ascissa $Z=8$ da calcolare. Nel blocco 40 determino il primo punto noto a sinistra $X=Z-1=8$ ed il primo punto noto a destra $Y=10$, e con questi valori di X e Y ritorno al blocco 36 dove calcolo un nuovo coefficiente (punto I, step 7):

$$X=8; Y=10$$

$$20 \quad Z=\text{FLOOR} [(8+10)/2]=9$$

$$W=2 \cdot 9 - 10 = 8$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2$$

La condizione $Z=X+1$ risulta ora verificata, pertanto passo al blocco 38 in cui la variabile Z viene incrementata passando al valore $Z=10$ che, essendo corrispondente all'estremo destro B, mi porta a terminare l'algoritmo di interpolazione (passo STOP in figura 3).

Come si può notare dalle suddette equazioni tutti i coefficienti di canale sono stati calcolati effettuando solamente somme e divisioni per due, operazioni facilmente effettuabili direttamente in hardware.

Nel caso sopra descritto ($N_{PILOT}=3$) il coefficiente noto di ascissa A-1 non è stato utilizzato, in quanto la distanza fra i punti A e B risulta essere una potenza di 2, in particolare $2^3=8$. Questa condizione si verifica anche nel caso $N_{PILOT}=7$, in cui tale distanza è $2^2=4$.

5 L'algoritmo illustrato in figura 3 consente comunque di calcolare tutti i coefficienti intermedi anche nei casi in cui tale distanza non sia una potenza di due, come nei restanti casi qui di seguito illustrati.

10 In figura 5 è illustrato il caso in cui i simboli pilota sono quattro ($N_{PILOT}=4$) ed i coefficienti da calcolare sono sei, da C(4) fino a C(9). Lo schema di interpolazione illustrato in figura 5, come risulterà dalla successiva spiegazione dettagliata, utilizza come estremo sinistro per l'interpolazione il punto di ascissa A-1. Questa approssimazione, anche se introduce una leggera degradazione delle caratteristiche complessive del sistema, semplifica di molto il calcolo dei coefficienti interpolati.

Vediamo ora come si applica l'algoritmo di figura 3 al presente caso ($N_{PILOT}=4$).

15 Al primo passo, step 1, si applica una prima volta l'algoritmo del blocco 36 del diagramma di flusso di figura 3 assegnando alle variabili X e Y rispettivamente i valori di A (che vale 3) e di B (che vale 10):

$$X=A \text{ (A=3)}$$

$$Y=B \text{ (B=10)}$$

20 Pertanto risulta:

$Z=\text{FLOOR} [(3+10)/2]=6$; ascissa del punto intermedio che si vuole calcolare (indicato in figura con la lettera C);

$W=2\cdot 6-10=2$; ascissa del punto estremo sinistro, in questo caso non corrispondente a X.

25 Una volta note le ascisse del punto estremo sinistro W, del punto estremo destro Y e del punto intermedio Z di cui si vuole calcolare l'ordinata, si procede a calcolare il valore del corrispondente coefficiente $C(6)=C_I(6)+jC_Q(6)$, calcolando le componenti C_I e C_Q con la regola della media aritmetica (punto C nel grafico di figura 5):

$$C_I(6)=[C_I(2)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(6)=[C_Q(2)+C_Q(10)]/2$$

Dopo aver verificato che l'ascissa Z del punto calcolato, in questo caso pari a 6, non corrisponde ancora al punto $X+1=4$, si assegna il valore $Z=6$ alla variabile Y e si calcola un nuovo coefficiente (punto D, step 2):

$$X=3; Y=6$$

5 $Z=\text{FLOOR} [(3+6)/2]=4$

$$W=2 \cdot 4 - 6 = 2$$

$$C_I(4)=[C_I(2)+C_I(6)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(4)=[C_Q(2)+C_Q(6)]/2$$

In questo caso la condizione di uscita dal blocco 36 risulta verificata, in quanto $Z=4$ è pari a $X+1=4$, pertanto si passa al blocco 38.

10 Applicando le regole descritte nel blocco 38 trovo che il primo punto ancora da calcolare alla destra del punto di ascissa $Z=4$ è il punto di ascissa 5; verifico che tale punto non corrisponde all'estremo destro $B=10$ e proseguo nel blocco 40 avendo assegnato alla variabile Z il valore 5.

15 Nel blocco 40 determino il primo punto noto a sinistra $X=Z-1=4$ ed il primo punto noto a destra $Y=10$. Con questi valori di X e Y ritorno al blocco 36 dove calcolo un nuovo coefficiente (punto E, step 3):

$$X=4; Y=6$$

$$Z=\text{FLOOR} [(4+6)/2]=5$$

$$W=2 \cdot 5 - 6 = 4$$

20 $C_I(5)=[C_I(4)+C_I(6)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(5)=[C_Q(4)+C_Q(6)]/2$

A questo punto si verifica la condizione $Z=X+1$ che consente di passare dal blocco 36 al blocco 38.

25 Applicando le regole descritte nel blocco 38 trovo che il primo punto ancora da calcolare alla destra del punto di ascissa $Z=5$ è il punto di ascissa 7; verifico che tale punto non corrisponde all'estremo destro $B=10$ e proseguo nel blocco 40 avendo assegnato alla variabile Z il valore 7.

Nel blocco 40 determino il primo punto noto a sinistra $X=Z-1=6$ ed il primo punto noto a destra $Y=10$, e con questi valori di X e Y ritorno al blocco 36 dove calcolo un nuovo coefficiente (punto F, step 4):

$$X=6; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(6+10)/2]=8$$

$$W=2 \cdot 8 - 10 = 6$$

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2$$

- 5 La condizione $Z=X+1$ non è verificata, pertanto resto all'interno del blocco 36 per calcolare un nuovo coefficiente (punto G, step 5):

$$X=6; Y=Z=8$$

$$Z=\text{FLOOR} [(6+8)/2]=7$$

$$W=2 \cdot 7 - 8 = 6$$

- 10 $C_I(7)=[C_I(6)+C_I(8)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(7)=[C_Q(6)+C_Q(8)]/2$

In questo caso la condizione $Z=X+1$ è subito verificata e si passa nuovamente al blocco 38 in cui si determina che il primo punto sulla destra ancora da calcolare è il punto di ascissa $Z=9$. Nel blocco 40 determino il primo punto noto a sinistra $X=Z-1=8$ ed il primo punto noto a destra $Y=10$, e con questi valori di X e Y ritorno al blocco 36

- 15 dove calcolo un nuovo coefficiente (punto H, step 6):

$$X=8; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(8+10)/2]=9$$

$$W=2 \cdot 9 - 10 = 8$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2$$

- 20 La condizione $Z=X+1$ risulta ora verificata, pertanto passo al blocco 38 in cui la variabile Z viene incrementata passando al valore $Z=10$ che, essendo corrispondente all'estremo destro Y , mi porta a terminare l'algoritmo di interpolazione (passo STOP in figura 3).

- 25 La figura 6 illustra il caso in cui ciascuno slot contiene cinque simboli pilota ($N_{\text{PILOT}}=5$) ed il numero di coefficienti di canale da calcolare è pari a cinque. L'operazione viene svolta utilizzando sia il coefficiente $C(4)$ corrispondente all'ultimo simbolo pilota sia il coefficiente $C(3)$ corrispondente al penultimo simbolo pilota. Anche in questo caso l'approssimazione introduce una leggera degradazione delle

caratteristiche complessive del sistema, ma il calcolo dei coefficienti interpolati risulta essere di molto semplificato.

5 I cinque passi necessari per il calcolo dei cinque coefficienti verranno ora descritti in forma abbreviata, riportando i valori assunti dalle variabili, dato che la metodologia di applicazione dell'algoritmo di figura 3 risulta essere equivalente a quella descritta con riferimento ai casi precedenti.

Nel primo passo si calcola il coefficiente $C(7)$ (punto C, step 1):

$$X=4; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(4+10)/2]=7$$

10 $W=2 \cdot 7 - 10 = 4$

$$C_I(7)=[C_I(4)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(7)=[C_Q(4)+C_Q(10)]/2$$

Nel secondo passo si calcola il coefficiente $C(5)$ (punto D, step 2):

$$X=4; Y=7$$

$$Z=\text{FLOOR} [(4+7)/2]=5$$

15 $W=2 \cdot 5 - 7 = 3$

$$C_I(5)=[C_I(3)+C_I(7)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(5)=[C_Q(3)+C_Q(7)]/2$$

Nel terzo passo si calcola il coefficiente $C(6)$ (punto E, step 3):

$$X=5; Y=7$$

$$Z=\text{FLOOR} [(5+7)/2]=6$$

20 $W=2 \cdot 6 - 7 = 5$

$$C_I(6)=[C_I(5)+C_I(7)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(6)=[C_Q(5)+C_Q(7)]/2$$

Nel quarto passo si calcola il coefficiente $C(8)$ (punto F, step 4):

$$X=7; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(7+10)/2]=8$$

25 $W=2 \cdot 8 - 10 = 6$

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2$$

Nel quinto passo si calcola il coefficiente $C(9)$ (punto G, step 5):

$$X=8; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(8+10)/2]=9$$

$$W=2 \cdot 9 - 10 = 8$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2$$

5 Anche in questo caso i cinque coefficienti $C(5) \dots C(9)$ sono stati ottenuti effettuando esclusivamente somme e divisioni per due.

Il caso in cui ciascuno slot contiene sei simboli pilota ($N_{\text{PILOT}}=6$) ed il numero di coefficienti di canale da calcolare è pari a quattro è invece illustrato in figura 7. Anche in questo caso si utilizza sia il coefficiente $C(5)$, corrispondente all'ultimo simbolo pilota, sia il coefficiente $C(4)$, corrispondente al penultimo simbolo pilota.

10 Lo schema di interpolazione di figura 7 è basato su quattro passi consecutivi, qui di seguito riassunti:

Nel primo passo si calcola il coefficiente $C(7)$ (punto C, step 1):

$$X=5; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(5+10)/2]=7$$

15 $W=2 \cdot 7 - 10 = 4$

$$C_I(7)=[C_I(4)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(7)=[C_Q(4)+C_Q(10)]/2$$

Nel secondo passo si calcola il coefficiente $C(6)$ (punto D, step 2):

$$X=5; Y=7$$

$$Z=\text{FLOOR} [(5+7)/2]=6$$

20 $W=2 \cdot 6 - 7 = 5$

$$C_I(6)=[C_I(5)+C_I(7)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(6)=[C_Q(5)+C_Q(7)]/2$$

Nel terzo passo si calcola il coefficiente $C(8)$ (punto E, step 3):

$$X=7; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(7+10)/2]=8$$

25 $W=2 \cdot 8 - 10 = 6$

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2$$

Nel quarto passo si calcola il coefficiente $C(9)$ (punto F, step 4):

$$X=8; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR } [(8+10)/2]=9$$

$$W=2 \cdot 9 - 10 = 8$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2$$

Anche in questo caso le operazioni effettuate sono solamente somme e divisioni

5 per due.

In figura 8 è illustrato il caso in cui lo slot contiene sette simboli pilota ($N_{\text{PILOT}}=7$) ed il numero di coefficienti di canale da calcolare è pari a tre. L'operazione viene svolta in tre passi, utilizzando il coefficiente $C(6)$ corrispondente all'ultimo simbolo pilota.

10 Nel primo passo si calcola il coefficiente $C(8)$ (punto C, step 1):

$$X=6; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR } [(6+10)/2]=8$$

$$W=2 \cdot 8 - 10 = 6$$

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2$$

15 Nel secondo passo si calcola il coefficiente $C(7)$ (punto D, step 2):

$$X=6; Y=8$$

$$Z=\text{FLOOR } [(6+8)/2]=7$$

$$W=2 \cdot 7 - 8 = 6$$

$$C_I(7)=[C_I(6)+C_I(8)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(7)=[C_Q(6)+C_Q(8)]/2$$

20 Nel terzo passo si calcola il coefficiente $C(9)$ (punto E, step 3):

$$X=8; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR } [(8+10)/2]=9$$

$$W=2 \cdot 9 - 10 = 8$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2$$

25 In figura 9 è illustrato invece l'ultimo caso, in cui ciascuno slot contiene otto simboli pilota ($N_{\text{PILOT}}=8$) ed il numero di coefficienti di canale da calcolare è pari a due. Questa operazione viene svolta in due passi, utilizzando il coefficiente $C(6)$ che corrisponde, in questo caso, al penultimo simbolo pilota.

Nel primo passo si calcola il coefficiente $C(8)$ (punto C, step 1):

$$X=6; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(6+10)/2]=8$$

$$W=2 \cdot 8 - 10 = 6$$

5 $C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2$ e $C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2$

Nel secondo passo si calcola il coefficiente $C(9)$ (punto D, step 2):

$$X=8; Y=10$$

$$Z=\text{FLOOR} [(8+10)/2]=9$$

$$W=2 \cdot 9 - 10 = 8$$

10 $C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2$ e $C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2$

Anche in questo caso il fatto di utilizzare il coefficiente di canale corrispondente al penultimo simbolo pilota introduce una leggera degradazione delle caratteristiche complessive del sistema, ma il calcolo dei coefficienti interpolati risulta essere di molto semplificato.

15 I sei casi precedentemente descritti ed illustrati con riferimento alle figure da 4 a 9 possono essere schematizzati nel diagramma a stati illustrato in figura 10. Il diagramma di figura 10, la cui sequenza di operazioni dipende essenzialmente dal valore del parametro N_{PILOT} , illustra come sia possibile implementare, con una semplice macchina a stati, un dispositivo hardware o software che realizza il metodo della
20 presente invenzione. Nel diagramma è rappresentata solo la componente in fase $C_I(k)$ dei coefficienti di canale, in quanto le formule per il calcolo della corrispondente componente in quadratura $C_Q(k)$ risultano essere equivalenti.

In figura 11 è invece illustrato un esempio di applicazione, riferito al caso
25 $N_{\text{PILOT}}=6$, di un secondo metodo di interpolazione realizzato secondo la presente invenzione. Nell'esempio di figura 11 per calcolare una pluralità di coefficienti di canale, corrispondenti alle posizioni di ascissa da 6 a 9, vengono utilizzati i coefficienti di canale noti corrispondenti rispettivamente all'ultimo simbolo pilota, di ascissa A, dello slot corrente L ed ai primi due simboli pilota, di ascisse B e B+1, dello slot successivo L+1 a quello corrente.

Per implementare questo secondo metodo di interpolazione è necessario memorizzare un simbolo pilota in più rispetto ai casi precedentemente descritti, quello di ascissa $11(B+1)$, corrispondente al secondo simbolo pilota dello slot successivo.

5 Per comprendere la sequenza di passi illustrata nell'esempio di applicazione di figura 11, e per capire come lo stesso metodo possa essere applicato anche ai restanti casi, da $N_{PILOT}=3$ a $N_{PILOT}=8$, analizziamo ora in dettaglio il secondo metodo di interpolazione realizzato secondo la presente invenzione.

10 Questo secondo metodo consente di calcolare per interpolazione una pluralità di punti compresi fra un ultimo coefficiente di canale, di ascissa A , di uno slot corrente L , ed i primi due coefficienti di canale, di ascisse B e $B+1$, di uno slot successivo $L+1$.

Supponiamo di utilizzare, all'interno di questo algoritmo alcune variabili che hanno lo stesso significato delle variabili precedentemente utilizzate con riferimento all'algoritmo di figura 3:

15 X : ascissa del punto noto sinistro utilizzato per l'interpolazione, valore inizialmente corrispondente ad A ;

Y : ascissa del punto noto destro dell'intervallo di interpolazione, valore inizialmente corrispondente a B ;

Z : ascissa di un punto intermedio fra X e Y ;

20 W : ascissa del punto estremo destro, utilizzato effettivamente per l'interpolazione, corrispondente di volta in volta al punto Y o al punto $Y+1$;

$f(k)$: ordinata corrispondente ad una generica ascissa k .

Le variabili X e Y vengono inizializzate ponendole uguali agli estremi A e B .

25 Successivamente si procede calcolando l'ascissa Z , intesa ovviamente come numero intero, del punto intermedio fra X e Y . Il valore dell'ascissa Z viene arrotondato all'intero superiore, mediante la funzione $CEIL [(X+Y)/2]$. Si procede poi calcolando l'ascissa del punto estremo destro W , che risulta essere uguale a Y o a $Y+1$ a seconda che il valore di $X+Y$ sia rispettivamente pari o dispari, utilizzando la formula $W=2 \bullet Z - X$. Si calcola poi l'ordinata $f(Z)$ del punto intermedio Z facendo la media aritmetica fra l'ordinata del punto estremo destro W e l'ordinata dell'estremo sinistro X , che sono note.

Si procede poi verificando se il punto appena calcolato, di ascissa Z , corrisponde al punto di ascissa $Y-1$. Se tale condizione non è verificata si assegna il valore di Z alla variabile X del punto noto sinistro, e si applicano nuovamente le operazioni del paragrafo precedente. In pratica le suddette operazioni vengono applicate
5 ricorsivamente su ciascun semi-intervallo alla destra del punto precedentemente calcolato fino a quando non viene raggiunto il punto di ascissa $Y-1$.

Successivamente si procede per ascisse decrescenti, partendo dall'ultimo punto calcolato $Y-1$ e cercando un primo punto ancora da calcolare. Se si raggiunge l'estremo sinistro A dell'intervallo si termina l'algoritmo, poiché tutti i punti sono già stati
10 calcolati.

Se invece è stato trovato un punto ancora da calcolare, la cui ascissa è pari al valore assunto dalla variabile Z , si procede assegnando alla variabile Y il valore $Z+1$, che rappresenta il primo punto noto a destra, e si cerca, per successivi tentativi, il primo punto noto a sinistra di Z , valore che viene assegnato alla variabile X . Per fare
15 quest'ultima operazione la variabile X viene decrementata di un'unità per volta, fino a quando non si raggiunge un corrispondente coefficiente noto.

Con i nuovi valori di X e Y si applica nuovamente l'algoritmo ricorsivo per il calcolo di un punto intermedio di ascissa Z , ed in cascata la procedura di ricerca di un nuovo punto ancora da calcolare. Se tutti i punti sono stati calcolati, l'algoritmo termina,
20 altrimenti si determina un nuovo intervallo $X-Y$ a cui applicare il suddetto algoritmo ricorsivo.

Analizziamo ora come viene applicato l'algoritmo precedentemente descritto allo schema di interpolazione di figura 11.

Nel primo passo si calcola il coefficiente $C(8)$ (punto C, step 1):

25 $X=A=5; Y=B=10$

$$Z=\text{CEIL} [(5+10)/2]=8$$

$$W=2 \cdot 8 - 5 = 11$$

$$C_I(8)=[C_I(5)+C_I(11)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(8)=[C_Q(5)+C_Q(11)]/2$$

Nel secondo passo si calcola il coefficiente $C(9)$ (punto D, step 2):

30 $X=8; Y=10$

$$Z = \text{CEIL} [(8+10)/2] = 9$$

$$W = 2 \cdot 9 - 8 = 10$$

$$C_I(9) = [C_I(8) + C_I(10)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(9) = [C_Q(8) + C_Q(10)]/2$$

Nel terzo passo si calcola il coefficiente $C(7)$ (punto E, step 3):

5 $X=5; Y=8$

$$Z = \text{CEIL} [(5+8)/2] = 7$$

$$W = 2 \cdot 7 - 5 = 9$$

$$C_I(7) = [C_I(5) + C_I(9)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(7) = [C_Q(5) + C_Q(9)]/2$$

Nel quarto passo si calcola il coefficiente $C(6)$ (punto F, step 4):

10 $X=5; Y=7$

$$Z = \text{FLOOR} [(5+7)/2] = 6$$

$$W = 2 \cdot 6 - 5 = 7$$

$$C_I(6) = [C_I(5) + C_I(7)]/2 \quad \text{e} \quad C_Q(6) = [C_Q(5) + C_Q(7)]/2$$

L'algoritmo descritto nel paragrafo precedente metodo di interpolazione può essere visto
 15 come una versione "speculare" dell'algoritmo precedentemente descritto con riferimento alla figura 3. Anch'esso infatti consente di calcolare, effettuando esclusivamente somme, divisioni per due ed operazioni di confronto fra registri, un qualsiasi numero di coefficienti di canale contenuti in un intervallo delimitato a sinistra da un coefficiente noto (di ascissa A) ed a destra da due coefficienti noti (di ascisse B e B+1).

20 I due metodi di interpolazione precedentemente descritti possono essere utilizzati, in combinazione, per implementare un terzo metodo, che può risultare vantaggioso in termini di velocità di esecuzione.

Nel caso in cui siano disponibili, come estremi noti dell'intervallo di interpolazione, due coefficienti di canale alla sinistra, di ascissa A-1 e A, e due
 25 coefficienti di canale noti alla destra, di ascissa B e B+1, risulta possibile applicare "in parallelo" entrambi i metodi di interpolazione precedentemente descritti, rispettivamente in un sottointervallo sinistro ed in un sottointervallo destro dell'intervallo originale. E' sufficiente infatti, come primo passo, calcolare un punto medio C fra i due estremi A e B dell'intervallo, arrotondando eventualmente l'ascissa di tale punto C all'intero

inferiore o all'intero superiore, indifferentemente, per definire un sottointervallo sinistro, compreso fra i punti di ascissa A-1, A e C, ed un sottointervallo destro compreso fra i punti di ascissa C e B, B+1. A questo punto è possibile applicare in parallelo, sfruttando quindi meglio le risorse hardware impegnate, il primo metodo di interpolazione nel sottointervallo sinistro ed il secondo metodo di interpolazione nel sottointervallo destro, giungendo quindi parallelamente al calcolo di tutti i coefficienti compresi nell'intervallo.

Analogamente è possibile prevedere un'ulteriore variante dei metodi realizzati secondo la presente invenzione; ad esempio, è possibile utilizzare per l'interpolazione, anziché il coefficiente di canale noto immediatamente precedente all'ultimo coefficiente noto dello slot corrente o immediatamente successivo al primo coefficiente noto dello slot successivo, altri coefficienti noti più distanti dall'intervallo di interpolazione o una combinazione lineare degli stessi.

Come esempio d'utilizzo di una combinazione lineare di coefficienti noti si considera il caso di tre piloti ($N_{PILOT}=3$). Dapprima si esegue una combinazione lineare dei tre piloti noti del gruppo di sinistra

$$CL_I = C_I(2)/2 + [C_I(0) + C_I(1)]/4$$

$$CL_Q = C_Q(2)/2 + [C_Q(0) + C_Q(1)]/4$$

e si assegna il risultato al coefficiente C(2).

$$C_I(2) = CL_I$$

$$C_Q(2) = CL_Q$$

Il coefficiente C(1) viene anch'esso calcolato come combinazione lineare dei medesimi piloti:

$$CL_I = C_I(1)/2 + [C_I(0) + C_I(2)]/4$$

$$CL_Q = C_Q(1)/2 + [C_Q(0) + C_Q(2)]/4$$

Il risultato si assegna al coefficiente C(1).

$$C_I(1) = CL_I$$

$$C_Q(1) = CL_Q$$

Una combinazione lineare simile può essere calcolata sulla base dei piloti dello slot successivo.

$$CL_I = C_I(10)/2 + [C_I(11) + C_I(12)]/4$$

$$CL_Q = C_Q(10)/2 + [C_Q(11) + C_Q(12)]/4$$

e quindi assegnata al coefficiente $C(10)$

$$C_I(10) = CL_I$$

5 $C_Q(10) = CL_Q$

Le combinazioni lineari sono scelte in modo da essere implementate come somme e shift di bit analogamente a quanto illustrato per l'interpolazione.

L'algoritmo di interpolazione per il calcolo dei coefficienti mancanti, può quindi essere applicato seguendo lo schema già illustrato per tre piloti e riportato in Figura 4.

10 Questa variante del metodo trova la sua giustificazione nel caso molto frequente che i piloti siano affetti da rumore: una combinazione lineare, che rappresenta una media pesata dei coefficienti di canale noti ma affetti da rumore, fornisce una stima più affidabile dei punti noti per l'interpolazione.

15 La figura 12 illustra, in uno schema a blocchi, una possibile implementazione hardware di un dispositivo di stima di canale realizzato secondo la presente invenzione, nel caso di una tratta di trasmissione verso una stazione radio base ed uno "spreading factor" del canale DPDCH pari a 256.

20 Il dispositivo di figura 12, definito Unità di Stima del Canale (CEU, Channel Estimation Unit), consente di estendere la stima del canale ai coefficienti di canale successivi ai simboli pilota, attuando uno dei metodi di interpolazione precedentemente descritti.

25 L'unità CEU riceve in ingresso i simboli di canale ricevuti dopo aver effettuato le operazioni di "descrambling", "despreading" con il codice di canalizzazione DPCCH e integrazione. I simboli pilota ricevuti che alimentano l'unità CEU sono indicati con $Z_i(k)$, dove il pedice "i" indica la componente di segnale ($i = I$ per la componente in fase o $i = Q$ per la componente in quadratura).

30 La prima operazione fatta dall'unità CEU è la moltiplicazione dei simboli pilota ricevuti per i simboli pilota di riferimento $X_Q(k)$, i simboli pilota di riferimento sono infatti noti al ricevitore. Successivamente è necessario invertire il segno della componente in fase. L'inversione di segno della componente in fase viene effettuata

moltiplicando per il fattore M_1 , ponendo $M_1 = -1$ per la componente in fase e $M_1 = +1$ per la componente in quadratura, come mostrato nello schema di figura 12.

5 Una volta effettuate le suddette operazioni l'effetto della sequenza dei simboli pilota è stato rimosso, ed i valori complessi ottenuti rappresentano solamente lo spostamento di fase introdotto dal canale. Questi valori vengono memorizzati nella memoria 100 attraverso l'ingresso contrassegnato in figura 10 come Input_port_2.

10 Quando tutti i simboli pilota dello slot corrente ed uno o due simboli pilota iniziali dello slot successivo, a seconda del metodo che si vuole implementare, sono stati ricevuti e memorizzati nella memoria 100, inizia il processo di interpolazione sotto il controllo dell'unità logica di controllo 102, (CLU, Control Logic Unit).

15 L'unità logica di controllo 102 è una macchina a stati finiti (FSM, Finite State Machine), che esegue una sequenza predefinita di operazioni, dipendente dal parametro di ingresso N_{PILOT} (corrispondente al numero di simboli pilota presenti nello slot corrente). Nel caso ad esempio del metodo di interpolazione precedentemente illustrato con riferimento alla figura 3, l'unità logica di controllo 102 effettua la sequenza di operazioni illustrata nel diagramma di stato di figura 10.

L'operazione di base effettuata dall'unità logica di controllo 102 è divisa nei seguenti tre passi:

- leggere il primo operando dalla memoria 100 e caricarlo nel primo registro 104;
- 20 - leggere il secondo operando dalla memoria 100 e caricarlo nel secondo registro 106;
- scrivere la media aritmetica dei due operandi nella memoria 100 attraverso il suo ingresso Input_port_1.

25 Il calcolo della media aritmetica dei due operandi richiede una somma e una divisione per due, la somma viene effettuata nel sommatore 108 e la divisione per due nel blocco 110 che effettua uno shift a destra, in pratica scartando il bit meno significativo (LSB, Less Significant Bit) del dato uscente dal sommatore 108.

Tutti i calcoli eseguiti richiedono solo somme e shift a destra, operazioni che sono facilmente implementabili in hardware.

30 Quando tutti i coefficienti di canale $C_i(k)$, con k che va da 0 a 9, sono stati calcolati, questi vengono sequenzialmente letti dalla memoria e forniti all'unità di

compensazione di canale (CCU, Channel Compensation Unit), non illustrata in figura 10 in quanto la sua funzione è ben nota al tecnico del ramo.

5 Il fattore moltiplicativo indicato in figura 12 come M_2 è necessario per invertire il segno della componente in quadratura e per fornire il complesso coniugato delle stime di canale all'unità di compensazione di canale (CCU). M_2 è pari a +1 per la componente in fase ed è pari a -1 per la componente in quadratura.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la stima della funzione di trasferimento di almeno un canale di trasmissione in un sistema di ricezione per reti di comunicazione, mediante il calcolo, per mezzo di un algoritmo di interpolazione, di una pluralità di coefficienti di canale
5 compresi fra due gruppi di coefficienti di canale noti, ciascun coefficiente di canale essendo associato ad un valore di ascissa intero su un asse temporale, caratterizzato dal fatto che il calcolo di detta pluralità di coefficienti di canale viene effettuato applicando ripetutamente un algoritmo di interpolazione atto a calcolare un punto intermedio (Z , $f(Z)$) fra un primo estremo ed un secondo estremo di un determinato intervallo, detto
10 primo estremo essendo costituito da almeno due punti noti e detto secondo estremo essendo costituito da almeno un punto noto, detto punto intermedio avendo per ascissa (Z) il valore di ascissa del punto medio fra i punti che delimitano detto intervallo arrotondato all'intero più vicino a detto primo estremo, ed avendo per ordinata ($f(Z)$) la media aritmetica fra l'ordinata del punto noto di detto secondo estremo e l'ordinata di un
15 punto, scelto fra i due punti noti di detto primo estremo, avente una distanza da detto punto intermedio su detto asse temporale, pari alla distanza fra detto punto intermedio ed il punto noto di detto secondo estremo.
2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detti coefficienti di canale da calcolare sono compresi fra un primo coefficiente di canale noto, di ascissa A ,
20 corrispondente ad un ultimo simbolo pilota di uno slot corrente (L) ed un secondo coefficiente di canale noto, di ascissa B , corrispondente ad un primo simbolo pilota di uno slot ($L+1$) successivo a detto slot corrente, essendo inoltre noto un terzo coefficiente di canale, di ascissa $A-1$, alla sinistra di detto primo coefficiente di canale di ascissa A , ed il calcolo di detti coefficienti di canale avviene mediante i seguenti
25 passi:
- a) applicare ripetutamente in modo ricorsivo detto algoritmo di interpolazione nell'intervallo delimitato da detti coefficienti di canale noti di ascissa A e B , effettuando una prima iterazione in cui viene calcolato un primo coefficiente intermedio (di ascissa C), ed effettuando successive iterazioni dello stesso algoritmo in sotto-intervalli di volta
30 in volta delimitati a sinistra da detto coefficiente di canale noto di ascissa A ed a destra dal coefficiente intermedio calcolato nella precedente iterazione, fino a quando non è stato raggiunto e calcolato il punto di ascissa $A+1$;

b) cercare, procedendo per ascisse crescenti, un primo punto ancora da calcolare alla destra dell'ultimo coefficiente intermedio calcolato, definire come estremi di un nuovo intervallo di applicazione di detto algoritmo di interpolazione rispettivamente il primo punto noto a sinistra ed il primo punto noto a destra rispetto a detto punto ancora da calcolare, ed applicare nuovamente, in modo ricorsivo, detto algoritmo di interpolazione su detto nuovo intervallo effettuando successive iterazioni dello stesso algoritmo in sotto-intervalli di volta in volta delimitati dall'estremo sinistro di detto nuovo intervallo e da un estremo destro costituito dal coefficiente intermedio calcolato nella precedente iterazione, fino a quando non è stato raggiunto e calcolato il punto immediatamente
 5
 10
 15
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50
 55
 60
 65
 70
 75
 80
 85
 90
 95
 100
 105
 110
 115
 120
 125
 130
 135
 140
 145
 150
 155
 160
 165
 170
 175
 180
 185
 190
 195
 200
 205
 210
 215
 220
 225
 230
 235
 240
 245
 250
 255
 260
 265
 270
 275
 280
 285
 290
 295
 300
 305
 310
 315
 320
 325
 330
 335
 340
 345
 350
 355
 360
 365
 370
 375
 380
 385
 390
 395
 400
 405
 410
 415
 420
 425
 430
 435
 440
 445
 450
 455
 460
 465
 470
 475
 480
 485
 490
 495
 500
 505
 510
 515
 520
 525
 530
 535
 540
 545
 550
 555
 560
 565
 570
 575
 580
 585
 590
 595
 600
 605
 610
 615
 620
 625
 630
 635
 640
 645
 650
 655
 660
 665
 670
 675
 680
 685
 690
 695
 700
 705
 710
 715
 720
 725
 730
 735
 740
 745
 750
 755
 760
 765
 770
 775
 780
 785
 790
 795
 800
 805
 810
 815
 820
 825
 830
 835
 840
 845
 850
 855
 860
 865
 870
 875
 880
 885
 890
 895
 900
 905
 910
 915
 920
 925
 930
 935
 940
 945
 950
 955
 960
 965
 970
 975
 980
 985
 990
 995
 1000
 1005
 1010
 1015
 1020
 1025
 1030
 1035
 1040
 1045
 1050
 1055
 1060
 1065
 1070
 1075
 1080
 1085
 1090
 1095
 1100
 1105
 1110
 1115
 1120
 1125
 1130
 1135
 1140
 1145
 1150
 1155
 1160
 1165
 1170
 1175
 1180
 1185
 1190
 1195
 1200
 1205
 1210
 1215
 1220
 1225
 1230
 1235
 1240
 1245
 1250
 1255
 1260
 1265
 1270
 1275
 1280
 1285
 1290
 1295
 1300
 1305
 1310
 1315
 1320
 1325
 1330
 1335
 1340
 1345
 1350
 1355
 1360
 1365
 1370
 1375
 1380
 1385
 1390
 1395
 1400
 1405
 1410
 1415
 1420
 1425
 1430
 1435
 1440
 1445
 1450
 1455
 1460
 1465
 1470
 1475
 1480
 1485
 1490
 1495
 1500
 1505
 1510
 1515
 1520
 1525
 1530
 1535
 1540
 1545
 1550
 1555
 1560
 1565
 1570
 1575
 1580
 1585
 1590
 1595
 1600
 1605
 1610
 1615
 1620
 1625
 1630
 1635
 1640
 1645
 1650
 1655
 1660
 1665
 1670
 1675
 1680
 1685
 1690
 1695
 1700
 1705
 1710
 1715
 1720
 1725
 1730
 1735
 1740
 1745
 1750
 1755
 1760
 1765
 1770
 1775
 1780
 1785
 1790
 1795
 1800
 1805
 1810
 1815
 1820
 1825
 1830
 1835
 1840
 1845
 1850
 1855
 1860
 1865
 1870
 1875
 1880
 1885
 1890
 1895
 1900
 1905
 1910
 1915
 1920
 1925
 1930
 1935
 1940
 1945
 1950
 1955
 1960
 1965
 1970
 1975
 1980
 1985
 1990
 1995
 2000
 2005
 2010
 2015
 2020
 2025
 2030
 2035
 2040
 2045
 2050
 2055
 2060
 2065
 2070
 2075
 2080
 2085
 2090
 2095
 2100
 2105
 2110
 2115
 2120
 2125
 2130
 2135
 2140
 2145
 2150
 2155
 2160
 2165
 2170
 2175
 2180
 2185
 2190
 2195
 2200
 2205
 2210
 2215
 2220
 2225
 2230
 2235
 2240
 2245
 2250
 2255
 2260
 2265
 2270
 2275
 2280
 2285
 2290
 2295
 2300
 2305
 2310
 2315
 2320
 2325
 2330
 2335
 2340
 2345
 2350
 2355
 2360
 2365
 2370
 2375
 2380
 2385
 2390
 2395
 2400
 2405
 2410
 2415
 2420
 2425
 2430
 2435
 2440
 2445
 2450
 2455
 2460
 2465
 2470
 2475
 2480
 2485
 2490
 2495
 2500
 2505
 2510
 2515
 2520
 2525
 2530
 2535
 2540
 2545
 2550
 2555
 2560
 2565
 2570
 2575
 2580
 2585
 2590
 2595
 2600
 2605
 2610
 2615
 2620
 2625
 2630
 2635
 2640
 2645
 2650
 2655
 2660
 2665
 2670
 2675
 2680
 2685
 2690
 2695
 2700
 2705
 2710
 2715
 2720
 2725
 2730
 2735
 2740
 2745
 2750
 2755
 2760
 2765
 2770
 2775
 2780
 2785
 2790
 2795
 2800
 2805
 2810
 2815
 2820
 2825
 2830
 2835
 2840
 2845
 2850
 2855
 2860
 2865
 2870
 2875
 2880
 2885
 2890
 2895
 2900
 2905
 2910
 2915
 2920
 2925
 2930
 2935
 2940
 2945
 2950
 2955
 2960
 2965
 2970
 2975
 2980
 2985
 2990
 2995
 3000
 3005
 3010
 3015
 3020
 3025
 3030
 3035
 3040
 3045
 3050
 3055
 3060
 3065
 3070
 3075
 3080
 3085
 3090
 3095
 3100
 3105
 3110
 3115
 3120
 3125
 3130
 3135
 3140
 3145
 3150
 3155
 3160
 3165
 3170
 3175
 3180
 3185
 3190
 3195
 3200
 3205
 3210
 3215
 3220
 3225
 3230
 3235
 3240
 3245
 3250
 3255
 3260
 3265
 3270
 3275
 3280
 3285
 3290
 3295
 3300
 3305
 3310
 3315
 3320
 3325
 3330
 3335
 3340
 3345
 3350
 3355
 3360
 3365
 3370
 3375
 3380
 3385
 3390
 3395
 3400
 3405
 3410
 3415
 3420
 3425
 3430
 3435
 3440
 3445
 3450
 3455
 3460
 3465
 3470
 3475
 3480
 3485
 3490
 3495
 3500
 3505
 3510
 3515
 3520
 3525
 3530
 3535
 3540
 3545
 3550
 3555
 3560
 3565
 3570
 3575
 3580
 3585
 3590
 3595
 3600
 3605
 3610
 3615
 3620
 3625
 3630
 3635
 3640
 3645
 3650
 3655
 3660
 3665
 3670
 3675
 3680
 3685
 3690
 3695
 3700
 3705
 3710
 3715
 3720
 3725
 3730
 3735
 3740
 3745
 3750
 3755
 3760
 3765
 3770
 3775
 3780
 3785
 3790
 3795
 3800
 3805
 3810
 3815
 3820
 3825
 3830
 3835
 3840
 3845
 3850
 3855
 3860
 3865
 3870
 3875
 3880
 3885
 3890
 3895
 3900
 3905
 3910
 3915
 3920
 3925
 3930
 3935
 3940
 3945
 3950
 3955
 3960
 3965
 3970
 3975
 3980
 3985
 3990
 3995
 4000
 4005
 4010
 4015
 4020
 4025
 4030
 4035
 4040
 4045
 4050
 4055
 4060
 4065
 4070
 4075
 4080
 4085
 4090
 4095
 4100
 4105
 4110
 4115
 4120
 4125
 4130
 4135
 4140
 4145
 4150
 4155
 4160
 4165
 4170
 4175
 4180
 4185
 4190
 4195
 4200
 4205
 4210
 4215
 4220
 4225
 4230
 4235
 4240
 4245
 4250
 4255
 4260
 4265
 4270
 4275
 4280
 4285
 4290
 4295
 4300
 4305
 4310
 4315
 4320
 4325
 4330
 4335
 4340
 4345
 4350
 4355
 4360
 4365
 4370
 4375
 4380
 4385
 4390
 4395
 4400
 4405
 4410
 4415
 4420
 4425
 4430
 4435
 4440
 4445
 4450
 4455
 4460
 4465
 4470
 4475
 4480
 4485
 4490
 4495
 4500
 4505
 4510
 4515
 4520
 4525
 4530
 4535
 4540
 4545
 4550
 4555
 4560
 4565
 4570
 4575
 4580
 4585
 4590
 4595
 4600
 4605
 4610
 4615
 4620
 4625
 4630
 4635
 4640
 4645
 4650
 4655
 4660
 4665
 4670
 4675
 4680
 4685
 4690
 4695
 4700
 4705
 4710
 4715
 4720
 4725
 4730
 4735
 4740
 4745
 4750
 4755
 4760
 4765
 4770
 4775
 4780
 4785
 4790
 4795
 4800
 4805
 4810
 4815
 4820
 4825
 4830
 4835
 4840
 4845
 4850
 4855
 4860
 4865
 4870
 4875
 4880
 4885
 4890
 4895
 4900
 4905
 4910
 4915
 4920
 4925
 4930
 4935
 4940
 4945
 4950
 4955
 4960
 4965
 4970
 4975
 4980
 4985
 4990
 4995
 5000
 5005
 5010
 5015
 5020
 5025
 5030
 5035
 5040
 5045
 5050
 5055
 5060
 5065
 5070
 5075
 5080
 5085
 5090
 5095
 5100
 5105
 5110
 5115
 5120
 5125
 5130
 5135
 5140
 5145
 5150
 5155
 5160
 5165
 5170
 5175
 5180
 5185
 5190
 5195
 5200
 5205
 5210
 5215
 5220
 5225
 5230
 5235
 5240
 5245
 5250
 5255
 5260
 5265
 5270
 5275
 5280
 5285
 5290
 5295
 5300
 5305
 5310
 5315
 5320
 5325
 5330
 5335
 5340
 5345
 5350
 5355
 5360
 5365
 5370
 5375
 5380
 5385
 5390
 5395
 5400
 5405
 5410
 5415
 5420
 5425
 5430
 5435
 5440
 5445
 5450
 5455
 5460
 5465
 5470
 5475
 5480
 5485
 5490
 5495
 5500
 5505
 5510
 5515
 5520
 5525
 5530
 5535
 5540
 5545
 5550
 5555
 5560
 5565
 5570
 5575
 5580
 5585
 5590
 5595
 5600
 5605
 5610
 5615
 5620
 5625
 5630
 5635
 5640
 5645
 5650
 5655
 5660
 5665
 5670
 5675
 5680
 5685
 5690
 5695
 5700
 5705
 5710
 5715
 5720
 5725
 5730
 5735
 5740
 5745
 5750
 5755
 5760
 5765
 5770
 5775
 5780
 5785
 5790
 5795
 5800
 5805
 5810
 5815
 5820
 5825
 5830
 5835
 5840
 5845
 5850
 5855
 5860
 5865
 5870
 5875
 5880
 5885
 5890
 5895
 5900
 5905
 5910
 5915
 5920
 5925
 5930
 5935
 5940
 5945
 5950
 5955
 5960
 5965
 5970
 5975
 5980
 5985
 5990
 5995
 6000
 6005
 6010
 6015
 6020
 6025
 6030
 6035
 6040
 6045
 6050
 6055
 6060
 6065
 6070
 6075
 6080
 6085
 6090
 6095
 6100
 6105
 6110
 6115
 6120
 6125
 6130
 6135
 6140
 6145
 6150
 6155
 6160
 6165
 6170
 6175
 6180
 6185
 6190
 6195
 6200
 6205
 6210
 6215
 6220
 6225
 6230
 6235
 6240
 6245
 6250
 6255
 6260
 6265
 6270
 6275
 6280
 6285
 6290
 6295
 6300
 6305
 6310
 6315
 6320
 6325
 6330
 6335
 6340
 6345
 6350
 6355
 6360
 6365
 6370
 6375
 6380
 6385
 6390
 6395
 6400
 6405
 6410
 6415
 6420
 6425
 6430
 6435
 6440
 6445
 6450
 6455
 6460
 6465
 6470
 6475
 6480
 6485
 6490
 6495
 6500
 6505
 6510
 6515
 6520
 6525
 6530
 6535
 6540
 6545
 6550
 6555
 6560
 6565
 6570
 6575
 6580
 6585
 6590
 6595
 6600
 6605
 6610
 6615
 6620
 6625
 6630
 6635
 6640
 6645
 6650
 6655
 6660
 6665
 6670
 6675
 6680
 6685
 6690
 6695
 6700
 6705
 6710
 6715
 6720
 6725
 6730
 6735
 6740
 6745
 6750
 6755
 6760
 6765
 6770
 6775
 6780
 6785
 6790
 6795
 6800
 6805
 6810
 6815
 6820
 6825
 6830
 6835
 6840
 6845
 6850
 6855
 6860
 6865
 6870
 6875
 6880
 6885
 6890
 6895
 690

corrente (L), detto secondo coefficiente di canale noto di ascissa B è il coefficiente $C(10)=C_I(10)+C_Q(10)$ corrispondente al primo simbolo pilota (10) di uno slot successivo (L+1), e detto terzo coefficiente di canale noto di ascissa A-1 è il coefficiente $C(2)=C_I(2)+C_Q(2)$ corrispondente al penultimo simbolo pilota (2) dello slot
 5 corrente (L), ed il calcolo dei coefficienti di canale $C(k)=C_I(k)+C_Q(k)$, con $k=4..9$, avviene secondo la sequenza:

$$C_I(6)=[C_I(2)+C_I(10)]/2 ; C_Q(6)=[C_Q(2)+C_Q(10)]/2 ;$$

$$C_I(4)=[C_I(2)+C_I(6)]/2 ; C_Q(4)=[C_Q(2)+C_Q(6)]/2 ;$$

$$C_I(5)=[C_I(4)+C_I(6)]/2 ; C_Q(5)=[C_Q(4)+C_Q(6)]/2 ;$$

$$10 \quad C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 ; C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2 ;$$

$$C_I(7)=[C_I(6)+C_I(8)]/2 ; C_Q(7)=[C_Q(6)+C_Q(8)]/2 ;$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 ; C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2 .$$

5. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui ciascuno slot contiene cinque simboli pilota (0, 1, 2, 3, 4), detto primo coefficiente di canale noto di ascissa A è il
 15 coefficiente $C(4)=C_I(4)+C_Q(4)$ corrispondente all'ultimo simbolo pilota (4) dello slot corrente (L), detto secondo coefficiente di canale noto di ascissa B è il coefficiente $C(10)=C_I(10)+C_Q(10)$ corrispondente al primo simbolo pilota (10) di uno slot successivo (L+1), e detto terzo coefficiente di canale noto di ascissa A-1 è il coefficiente $C(3)=C_I(3)+C_Q(3)$ corrispondente al penultimo simbolo pilota (3) dello slot
 20 corrente (L), ed il calcolo dei coefficienti di canale $C(k)=C_I(k)+C_Q(k)$, con $k=5..9$, avviene secondo la sequenza:

$$C_I(7)=[C_I(4)+C_I(10)]/2 ; C_Q(7)=[C_Q(4)+C_Q(10)]/2 ;$$

$$C_I(5)=[C_I(3)+C_I(7)]/2 ; C_Q(5)=[C_Q(3)+C_Q(7)]/2 ;$$

$$C_I(6)=[C_I(5)+C_I(7)]/2 ; C_Q(6)=[C_Q(5)+C_Q(7)]/2 ;$$

$$25 \quad C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 ; C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2 ;$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 ; C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2 .$$

6. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui ciascuno slot contiene sei simboli pilota (0, 1, 2, 3, 4, 5), detto primo coefficiente di canale noto di ascissa A è il coefficiente $C(5)=C_I(5)+C_Q(5)$ corrispondente all'ultimo simbolo pilota (5) dello slot
 30 corrente (L), detto secondo coefficiente di canale noto di ascissa B è il coefficiente

$C(10)=C_I(10)+C_Q(10)$ corrispondente al primo simbolo pilota (10) di uno slot successivo (L+1), e detto terzo coefficiente di canale noto di ascissa A-1 è il coefficiente $C(4)=C_I(4)+C_Q(4)$ corrispondente al penultimo simbolo pilota (4) dello slot corrente (L), ed il calcolo dei coefficienti di canale $C(k)=C_I(k)+C_Q(k)$, con $k=6..9$,

5 avviene secondo la sequenza:

$$C_I(7)=[C_I(4)+C_I(10)]/2 ; C_Q(7)=[C_Q(4)+C_Q(10)]/2 ;$$

$$C_I(6)=[C_I(5)+C_I(7)]/2 ; C_Q(6)=[C_Q(5)+C_Q(7)]/2 ;$$

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 ; C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2 ;$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 ; C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2 .$$

10 7. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui ciascuno slot contiene sette simboli pilota (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6), detto primo coefficiente di canale noto di ascissa A è il coefficiente $C(6)=C_I(6)+C_Q(6)$ corrispondente all'ultimo simbolo pilota (6) dello slot corrente (L), detto secondo coefficiente di canale noto di ascissa B è il coefficiente $C(10)=C_I(10)+C_Q(10)$ corrispondente al primo simbolo pilota (10) di uno slot
15 successivo (L+1), e detto terzo coefficiente di canale noto di ascissa A-1 è il coefficiente $C(5)=C_I(5)+C_Q(5)$ corrispondente al penultimo simbolo pilota (5) dello slot corrente (L), ed il calcolo dei coefficienti di canale $C(k)=C_I(k)+C_Q(k)$, con $k=7..9$, avviene secondo la sequenza:

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 ; C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2 ;$$

20 $C_I(7)=[C_I(6)+C_I(8)]/2 ; C_Q(7)=[C_Q(6)+C_Q(8)]/2 ;$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 ; C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2 .$$

8. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui ciascuno slot contiene otto simboli pilota (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), detto primo coefficiente di canale noto di ascissa A è il coefficiente $C(7)=C_I(7)+C_Q(7)$ corrispondente all'ultimo simbolo pilota (7) dello slot
25 corrente (L), detto secondo coefficiente di canale noto di ascissa B è il coefficiente $C(10)=C_I(10)+C_Q(10)$ corrispondente al primo simbolo pilota (10) di uno slot successivo (L+1), e detto terzo coefficiente di canale noto di ascissa A-1 è il coefficiente $C(6)=C_I(6)+C_Q(6)$ corrispondente al penultimo simbolo pilota (6) dello slot corrente (L), ed il calcolo dei coefficienti di canale $C(k)=C_I(k)+C_Q(k)$, con $k=8, 9$,
30 avviene secondo la sequenza:

$$C_I(8)=[C_I(6)+C_I(10)]/2 ; C_Q(8)=[C_Q(6)+C_Q(10)]/2 ;$$

$$C_I(9)=[C_I(8)+C_I(10)]/2 ; C_Q(9)=[C_Q(8)+C_Q(10)]/2 .$$

9. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detti coefficienti di canale da calcolare sono compresi fra un primo coefficiente di canale noto, di ascissa A, corrispondente ad un ultimo simbolo pilota di uno slot corrente (L) ed un secondo
5 coefficiente di canale noto, di ascissa B, corrispondente ad un primo simbolo pilota di uno slot (L+1) successivo a detto slot corrente, essendo inoltre noto un terzo coefficiente di canale, di ascissa B+1, alla destra di detto primo coefficiente di canale di ascissa B, ed il calcolo di detti coefficienti di canale avviene mediante i seguenti passi:
- a) applicare ripetutamente in modo ricorsivo detto algoritmo di interpolazione
10 nell'intervallo delimitato da detti coefficienti di canale noti di ascissa A e B, effettuando una prima iterazione in cui viene calcolato un primo coefficiente intermedio (di ascissa C), ed effettuando successive iterazioni dello stesso algoritmo in sotto-intervalli di volta in volta delimitati a destra da detto coefficiente di canale noto di ascissa B ed a sinistra dal coefficiente intermedio calcolato nella precedente iterazione, fino a quando non è
15 stato raggiunto e calcolato il punto di ascissa B-1;
- b) cercare, ~~per ascisse decrescenti~~ per ascisse decrescenti, un primo punto ancora da calcolare alla sinistra dell'ultimo coefficiente intermedio calcolato, definire come estremi di un nuovo
intervallo di applicazione di detto algoritmo di interpolazione rispettivamente il primo
20 punto noto a sinistra ed il primo punto noto a destra rispetto a detto punto ancora da calcolare, ed applicare nuovamente, in modo ricorsivo, detto algoritmo di interpolazione su detto nuovo intervallo effettuando successive iterazioni dello stesso algoritmo in sotto-intervalli di volta in volta delimitati dall'estremo destro di detto nuovo intervallo e da un estremo sinistro costituito dal coefficiente intermedio calcolato nella precedente
iterazione, fino a quando non è stato raggiunto e calcolato il punto immediatamente
25 adiacente all'estremo destro di detto nuovo intervallo;
- c) ripetere il passo b) fino a quando non è stato calcolato il coefficiente di canale associato al valore di ascissa A+1.

10. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detti coefficienti di canale da calcolare sono compresi fra due coefficienti di canale noti a sinistra, corrispondenti agli
30 ultimi due simboli pilota di uno slot corrente (L), e due coefficienti di canale noti a destra, corrispondenti ai primi due simboli pilota di uno slot (L+1) successivo a detto slot corrente, ed il calcolo di detti coefficienti di canale avviene applicando una prima

volta detto algoritmo di interpolazione per calcolare un coefficiente intermedio, suddividendo così in due sotto-intervalli l'intervallo compreso fra detti coefficienti di canale noti a sinistra e detti coefficienti di canale noti a destra, ed applicando successivamente, in parallelo su entrambi detti sotto-intervalli, detto algoritmo di interpolazione per calcolare i restanti coefficienti di canale compresi in ciascuno di detti sotto-intervalli.

11. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui almeno un punto noto di detto primo o secondo estremo è un punto che è stato ottenuto mediante combinazione lineare di coefficienti di canale noti.

12. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta rete di comunicazione è una rete di comunicazione cellulare di tipo UMTS.

13. Dispositivo per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione in un sistema di ricezione per una rete di comunicazione, comprendente:

- mezzi di memoria (100) atti a memorizzare coefficienti di canale corrispondenti ad uno slot corrente (L) ed almeno un coefficiente di canale corrispondente ad uno slot successivo (L+1) a detto slot corrente (L);

- mezzi di interpolazione (104, 106, 108, 110) atti a leggere da detti mezzi di memoria (100) un primo ed un secondo operando, corrispondenti a coefficienti di canale noti, ed a scrivere in detti mezzi di memoria (100) un valore corrispondente alla media aritmetica fra detti primo e secondo operando, detto valore essendo corrispondente ad un nuovo coefficiente di canale;

- una unità logica di controllo (102), per indirizzare in lettura e in scrittura (R/W) detti mezzi di memoria (100) e per controllare detti mezzi di interpolazione (104, 106) in modo da effettuare, mediante singole operazioni di interpolazione, il calcolo e la memorizzazione in detti mezzi di memoria (100) di singoli coefficienti di canale; caratterizzato dal fatto che detta unità logica di controllo (102) esegue una serie di operazioni di interpolazione in accordo con il metodo descritto in una delle rivendicazioni da 1 a 12.

14. Stazione radio base, del tipo comprendente un ricevitore a rastrello per la ricezione di segnali provenienti da terminali mobili, provvisto di un dispositivo per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione mediante il calcolo di una pluralità di coefficienti di canale, caratterizzata dal fatto che detta stima della

funzione di trasferimento viene fatta in accordo con il metodo descritto in una delle rivendicazioni da 1 a 12.

15. Terminale mobile, del tipo comprendente un ricevitore per la ricezione di segnali provenienti da una stazione radio base, provvisto di un dispositivo per la stima della
- 5 funzione di trasferimento di un canale di trasmissione mediante il calcolo di una pluralità di coefficienti di canale, caratterizzato dal fatto che detta stima della funzione di trasferimento viene fatta in accordo con il metodo descritto in una delle rivendicazioni da 1 a 12.

TITOLO

Metodo e dispositivo per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione

RIASSUNTO

- 5 Un metodo per la stima della funzione di trasferimento di un canale di trasmissione in un sistema di ricezione di tipo UMTS prevede il calcolo di una pluralità di coefficienti di canale, compresi fra coefficienti di canale noti corrispondenti a simboli pilota, mediante la reiterazione di un algoritmo di interpolazione atto a calcolare un punto intermedio $(Z, f(Z))$ fra un primo estremo ed un secondo estremo di un determinato
- 10 intervallo, il primo estremo essendo costituito da almeno due punti noti ed il secondo estremo essendo costituito da almeno un punto noto, il punto intermedio che si vuole calcolare avendo per ascissa (Z) il valore di ascissa del punto medio fra i punti che delimitano l'intervallo arrotondato all'intero più vicino al primo estremo, ed avendo per ordinata $(f(Z))$ la media aritmetica fra l'ordinata del punto noto del secondo estremo e
- 15 l'ordinata di un punto, scelto fra i due punti nel primo estremo, avente una distanza dal punto intermedio pari alla distanza fra il punto intermedio ed il punto noto del secondo estremo.

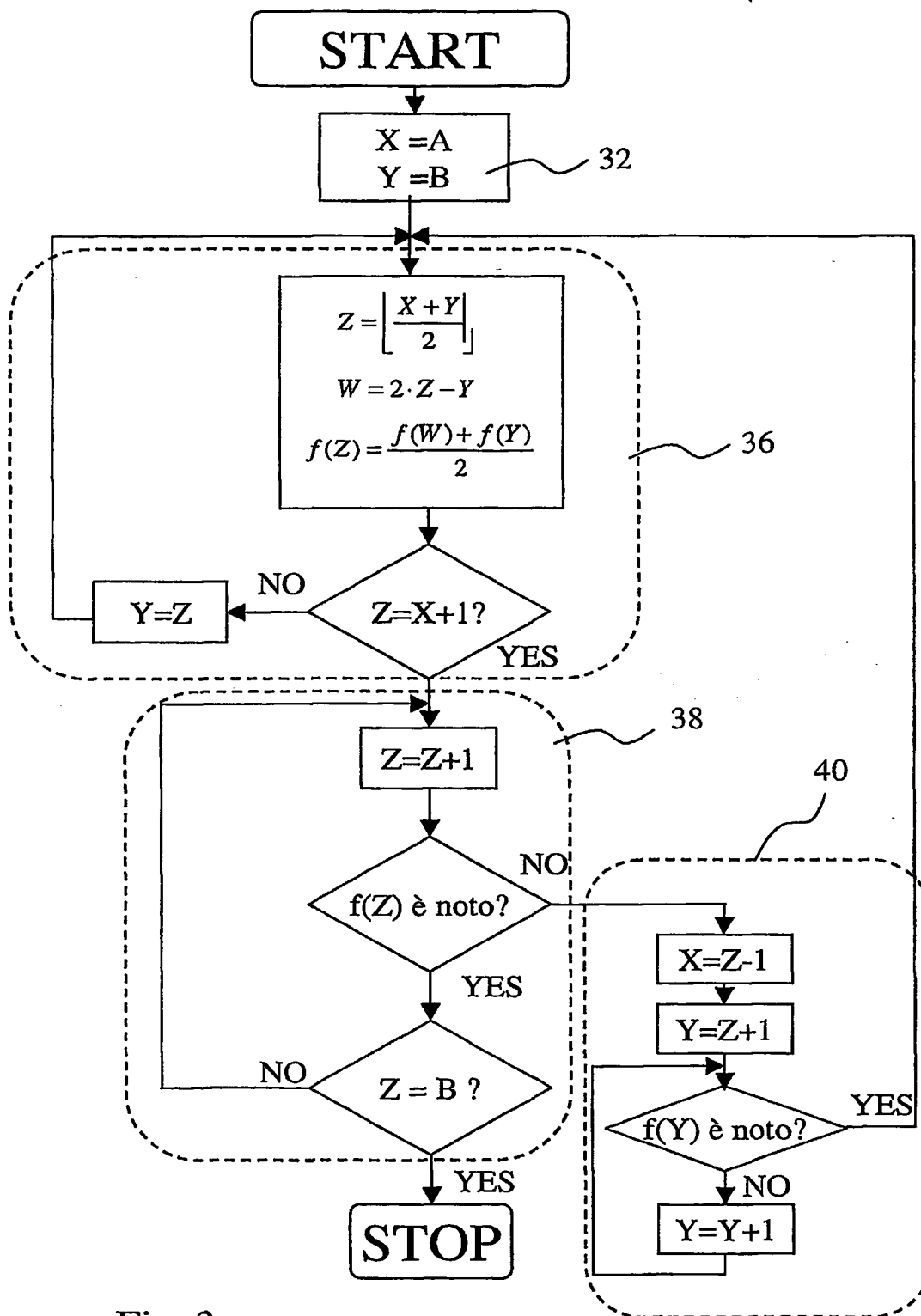


Fig. 3

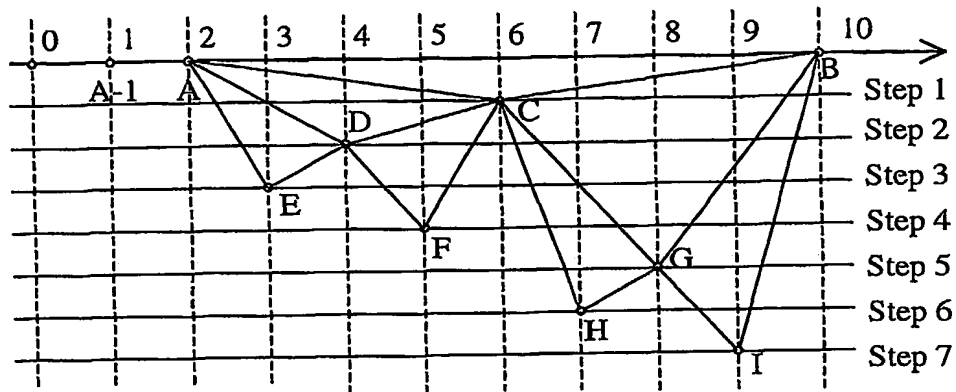


Fig. 4

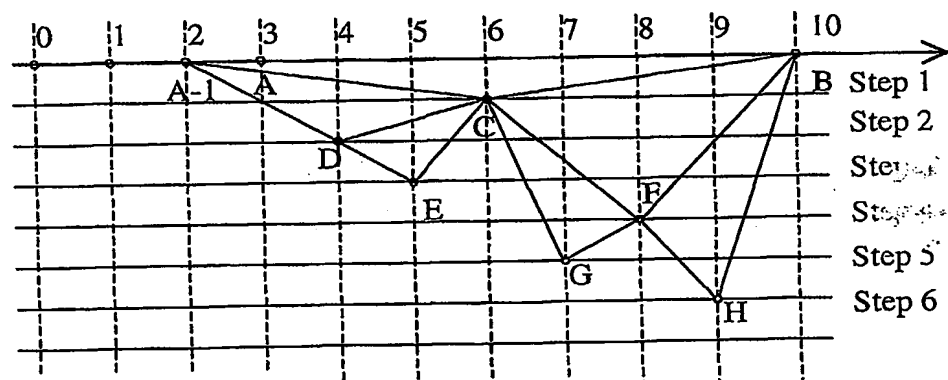


Fig. 5

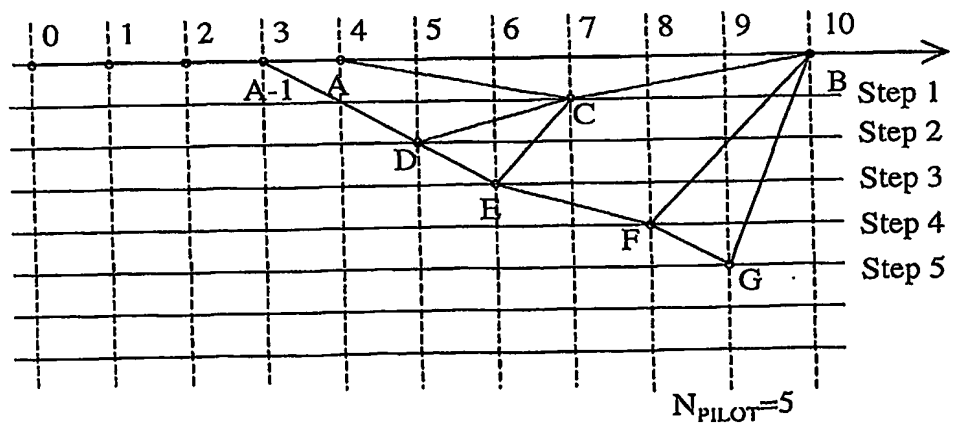


Fig. 6

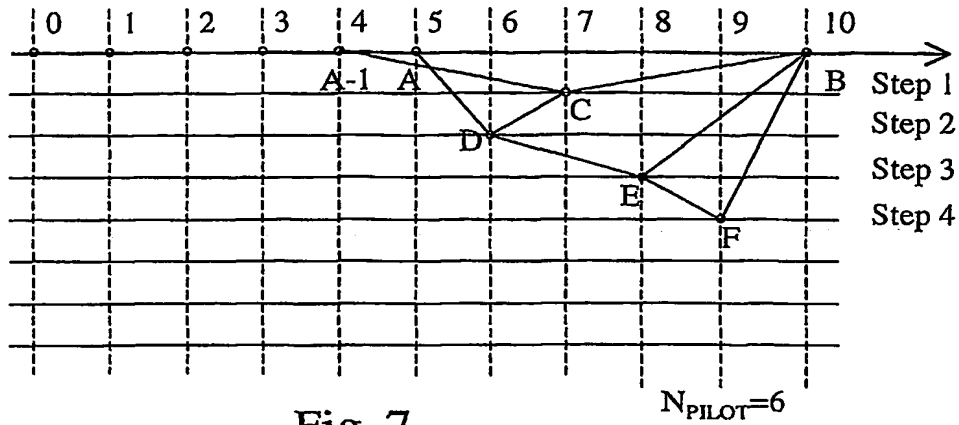


Fig. 7

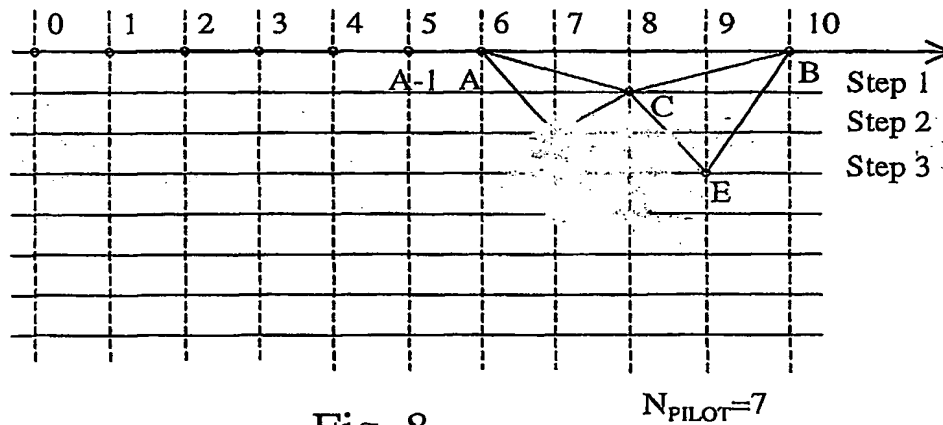


Fig. 8

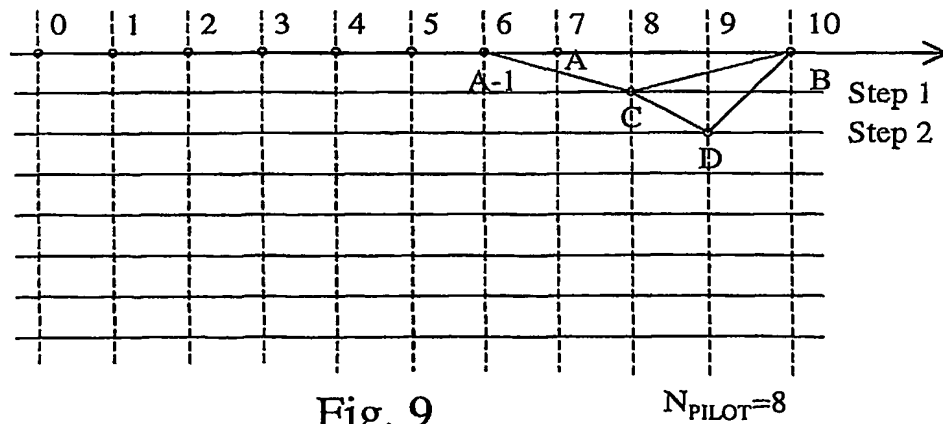


Fig. 9

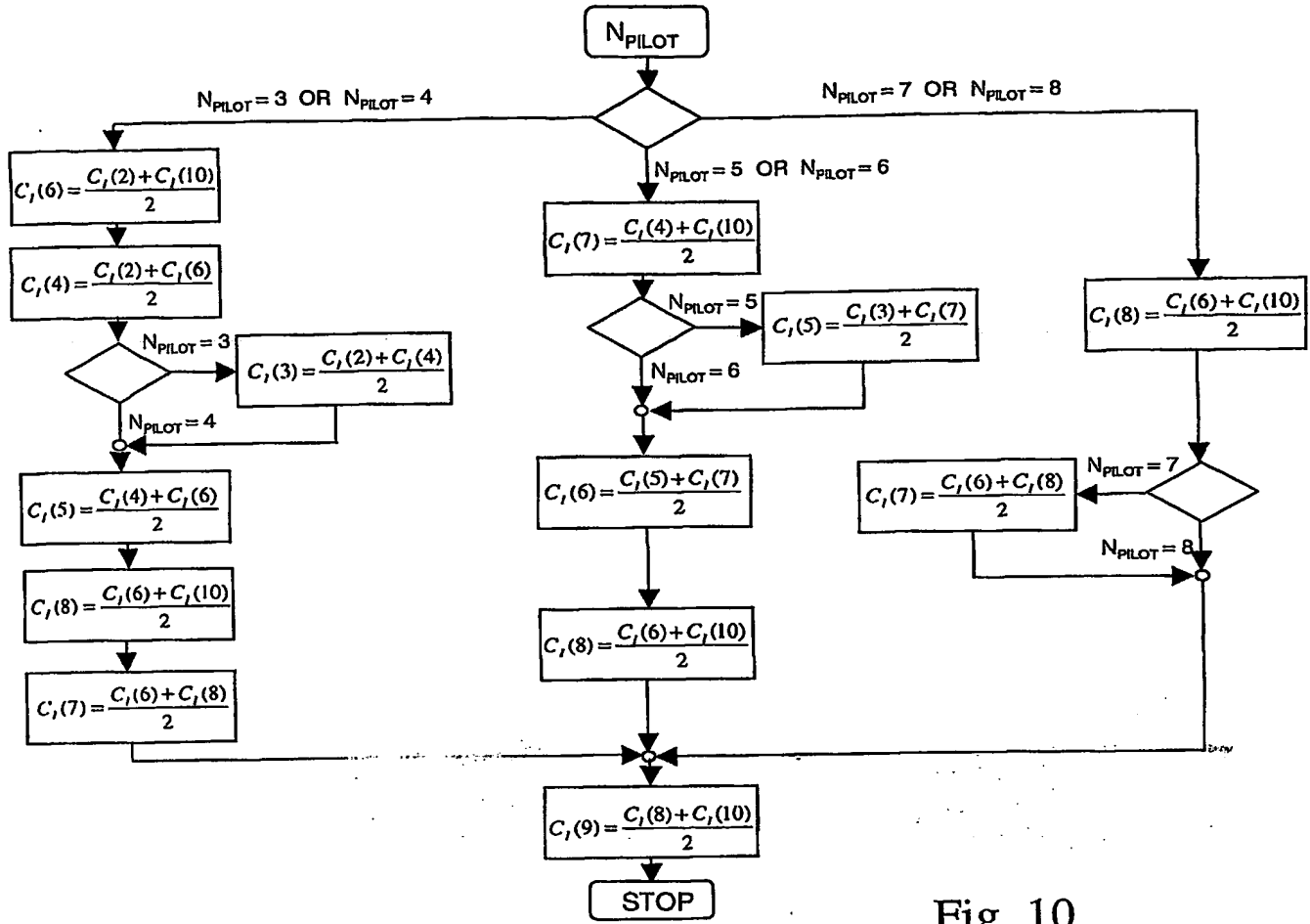


Fig. 10

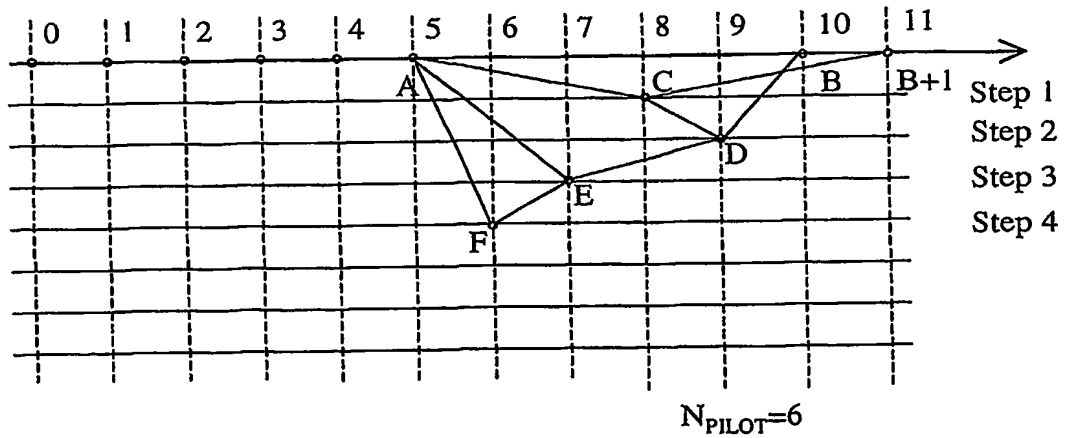


Fig. 11

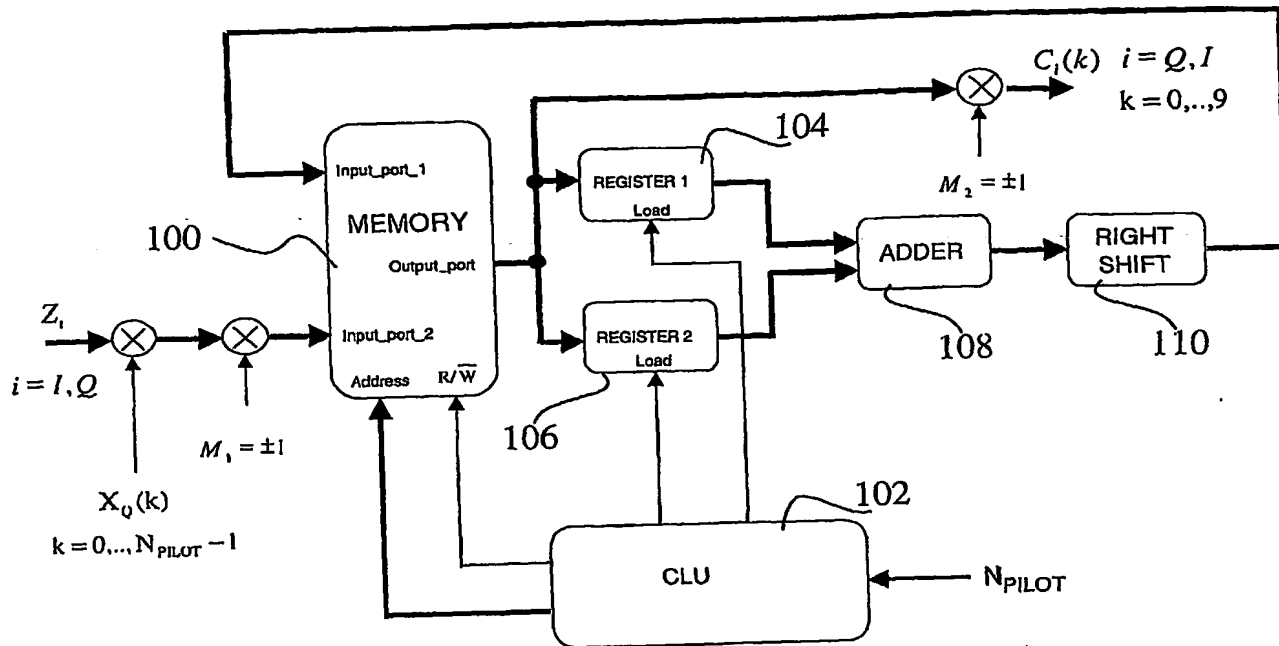


Fig. 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.